

## MÁTRAALJAI BARNA ERDŐTALAJ MIKROELEM TARTALMÁNAK VIZSGÁLATA TERHELÉSI TARTAMKÍSÉRLETBEN

SZEGEDI László<sup>1</sup>, SZABÓ Lajos<sup>2</sup>, FODORNÉ FEHÉR Erika<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Károly Róbert Főiskola 3200 Gyöngyös, Mátrai u. 36.

<sup>2</sup>Tessedi Sámuel Főiskola Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar

<sup>3</sup>Mátra Szakképző Iskola, e-mail: lszegedi@karolyrobert.hu

**Kulcsszavak:** nehézfém, toxikus elem, összes elemtartalom, felvehető elemtartalom

**Összefoglalás:** A Károly Róbert Főiskolán 1994 őszén beállított nehézfém terhelési tartamkísérlet során a szántott rétegre juttatott toxikus elemek (Al, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) átalakulását, illetve a talaj mélyebb rétegeibe történő elmozdulást talajvizsgálatokkal követtük nyomon. 1995. májusában és 2002. júliusában a talaj felső 0-25 centiméteres rétegét mintáztuk. Azt tapasztaltuk, hogy a kísérlet nyolcadik évében a higany kivételével a vizsgált elemek tekintetében még kimutatható a fémszennyezés. A szennyeződés elemenként különböző mértékben csökkent. Az összes elemtartalom tekintetében a csökkenés sorrendje: Cd (94%-kal) > As (91%-kal) > Pb (90%-kal) > Cu (87%-kal) > Cr (64%-kal) > Zn (42%-kal). Az összes elemtartalommal párhuzamosan a felvett elemtartalom is csökkenő tendenciát mutatott: As (96%-kal) > Pb (95%-kal) > Cd (94%-kal) > Cu (93%-kal) > Cr (92%-kal) > Zn (82%-kal). Az összes és a felvehető elemtartalom összefüggésének vizsgálata azt mutatta, hogy az összes fémszennyezés egyre kevésbé határozza meg a talaj oldható fémtartalmát. Az évek során az összes elemtartalom minőségi változáson ment keresztül, amelynek következtében oldhatósága jelentősen csökkent. A regressziós egyenletek vizsgálata azt mutatta, hogy 2002-ben az 1995. évi értékhez képest a kezelési elemek oldhatósága a kadmium esetén 5%-kal, az arzén esetén 41%-kal, a réz és a cink esetén 52%-kal, az ólom esetén 59%-kal, a króm esetén 77%-kal csökkent. Az oldhatóság csökkenését a regressziós egyenletek t-próbája igazolta.

### Bevezetés

A környezetszennyezés elhatalmasodása kapcsán egyre több szó esik a potenciálisan toxikus anyagokról és egyre nagyobb figyelem fordul a nehézfémekkel összefüggő veszélyek felé. A bioszféra alkotóinak (víz, levegő, talaj, növény, állat, ember) szennyeződése bizonyos elemekkel és toxikus fémekkel a kémiai környezetszennyezés egyik formája, amely alapvető egészségügyi, gazdasági, ökológiai jelentőséggel bír (CSATHÓ 1994, KÁDÁR 1995).

A nehézfémekkel szennyezett területek alapvető környezeti problémát jelentenek. A talajok hosszú évekig képesek felhalmozni a nehézfémeket anélkül, hogy azok akut mérgező hatása nyilvánvaló lenne. Egy bizonyos terhelési szint felett szűrőkapacitásuk kimerül, áteresztővé válnak és maguk is szennyezőforrásként szerepelnek. A toxikus fémek megjelennek a vizekben, felvehetővé válnak a növény számára és bekerülve a táplálékláncba hosszú távon kimutatható károsodást okozhatnak (FODOR 1998, 2002, PAIS 1987, SZABÓNÉ WILLIN 1995).

A kémiai környezetterhelés, különösen a mikroelemek és toxikus nehézfémek felhalmozódása meghatározó egészségügyi, biológiai, ökológiai jelentőséggel bír. Napjainkban a nehézfémek stressz-tényezővé váltak. Ennek oka, hogy biológiailag nem bonthatók le, az élő szervezetekben felhalmozódhatnak, továbbá biokémiai reakciók eredményeként mérgezési tüneteket okozhatnak. Sok nehézfém a biotikus és abiotikus rendsze-

rek megváltozásának hatására remobilizálódnak. A nyersanyag-kitermelés, energia-előállítás, stb. a nehézfémek mobilizációjához igen jelentős mértékben hozzájárul, és ahhoz vezet, hogy sok fém biogeokémiai anyagfolyama ma túlnyomóan antropogén eredetű (FODOR 1997).

A mikroelemek forgalmának megismeréséhez külön és részleteiben szükséges vizsgálni a talajok, növények, levegő és víz ásványi elemeinek változását. Ennek tükrében számos tudományterületen előtérbe kerültek a potenciálisan toxikus elemekkel (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Ag, Sn, Zn) kapcsolatos kutatások, miután nyilvánvalóvá vált, hogy a biogeokémiai körforgalomban jellemző összetett kölcsönhatásaik révén jelentős környezeti kockázatot képviselhetnek, és az élő szervezetek számára nem esszenciális képviselőik már kis koncentrációban is mérgezőek. A talajok nehézfém-tartalmára vonatkozóan számos vizsgálat folyt hazai mezőgazdasági területeken és természetes vegetációkban (KOVÁCS et al. 1992a, 1992b, 1993a, 1993b, 1994a, 1994b, 1996a, 1996b, PENKSZA et al. 1993, TURCSÁNYI et al. 1992, 1994a, 1994b.), illetve városi körülmények között is (PUSKÁS és FRASANG 2007).

A Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium megbízásából az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében 1991-ben indult a „Környezetünk nehézfém terhelésének vizsgálata” című kutatási program, melynek célja, hogy a főbb hazai talajokon szabadföldi kisparcellás tartamkísérletekben vizsgálják a nehézfémek és más potenciálisan toxikus elemek viselkedését a talaj-növény rendszerben és a táplálék-láncban. A kutatási programban az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében kidolgozott irányelvek és módszertan szerint 1994-ben a Károly Róbert Főiskola is bekapcsolódott.

### Anyag és módszer

A szabadföldi kisparcellás nehézfém terhelési tartamkísérlet beállítására 1994 őszén a Károly Róbert Főiskola Tass-pusztai Tangazdaságában került sor. Természetföldrajzi besorolás szerint a terület az Északi-középhegység nagy tájhoz tartozó Mátraalján, az Észak-alföldi hordalékkúp-síkság északi határán helyezkedik el. Az andezit és andezit tufa talajképző kőzetre rátelepedett agyagos mállástermékeket viszonylag vékony lösztakaró fed. Jellemző a helyi anyagok bekeveredése a hulló por anyagában, emiatt az agyagásványok között sok a szmektit és a talajnak nagy a káliumtartalma (STEFANOVITS et al. 1999).

A terület felszíne enyhén lejtős, tengerszint feletti magassága 150 m. A talaj jó víznyelésű, jó vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, és jó víztartó, heves záporok alkalmával barázdás erózió megfigyelhető a művelt területen. A talajvíz kb. 10 m mélyen helyezkedik el, így a szennyeződésének esélye felszíni kimosódással minimális.

A savanyú, kötött barna erdőtalajon 8 elemmel (Al, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn), 3 terhelési szinten (0/30, 90 és 270 kg elem/ha), 3 ismétlésben, 35 m<sup>2</sup> területű (3,5 × 10 m-es) parcellákon végeztük a kísérleteket. Az osztott parcellás (split-plot) elrendezésű kísérletben a 8 vizsgált elem jelenti a főparcellákat, a 3 terhelési szint az alparcellákat.

A kezelések száma 24, az összes parcellaszám 72. A parcellákat 2 m-es utak határolják a jó megközelítés, valamint a művelésből adódó talajáthordás csökkentése érdekében. Az ismétléseket 4 m-es utak választják el egymástól. A kísérletet 11 m-es füvesített védősáv veszi körül az eróziós talajelhordás megakadályozása céljából. A parcellák összes területe 2520 m<sup>2</sup>, az utak, szegélyek védősáv területe 6728 m<sup>2</sup>, a kerítéssel bekerített terület 9248 m<sup>2</sup>. A nagy adagú terhelések a talajszennyezési szintek modellezését szolgálják. A kezeléseket az elemek vízoldható sóival végeztük egy alkalommal, a kísérlet beállításakor. A kiszórando adagokat előre kimértük, a helyszínen száraz homokkal összekevertük és kézzel egyenletesen szétszórtuk a parcellákon. A kiszórás követően a sókat kombinátorral 8–10 cm-re a talajba dolgoztuk. A kezeléseket az 1. táblázat ismerteti.

1. táblázat A nehézfémterhelési szabadföldi kísérlet kezelései (kg elem/ha), Gyöngyös, 1994

Table 1. Treatments of the field experiment (kg elem/ha), Gyöngyös, 1994

Elem jele	Terhelési szintek (kg elem/ha)			Alkalmazott sók formája
	1. szint	2. szint	3. szint	
Al	0	90	270	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> · 9H <sub>2</sub> O
As	30	90	270	NaAsO <sub>2</sub>
Cd	30	90	270	3CdSO <sub>4</sub> · 8H <sub>2</sub> O
Cr	30	90	270	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
Cu	30	90	270	CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O
Hg	30	90	270	HgCl <sub>2</sub>
Pb	30	90	270	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Zn	30	90	270	ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O

A szántott rétegbe juttatott nehézfémek és toxikus elemek átalakulását, illetve a talaj mélyebb rétegeibe történő elmozdulást talajvizsgálatokkal követtük nyomon. 1995. májusában, 1997. és 2001. júniusában és 2002. júliusában a talaj felső 0-25 centiméteres rétegét mintáztuk. A talajmintavétel kézi botfúróval történt nettó parcellánként (a szegélytől 50 centimétert hagyva) 20–20 pontminta (leszúrás) reprezentált egy-egy átlagmintát. A talajmintákból felvehető és összes tartalmakat határoztuk meg. A felvehető elemtartalom meghatározása NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA kioldással (LAKANEN és ERVIÖ 1971), az összes elemtartalom meghatározása cc. HNO<sub>3</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> feltárással (VÁRALLYAY et al. 1995) történt. Az extraktumok elemösszetételének meghatározását a MTA TAKI ICP laboratóriuma végezte ICP-AES plazmaemissziós spektrofotométerrel.

A talajvizsgálatok eredményeinek értékelése során vizsgáltuk a talaj összes és a felvehető elemtartalmának alakulását, az összes és a felvehető elemtartalom összefüggését (kétváltozós lineáris regresszió), a két változó összefüggésének szignifikanciáját (F-próba), valamint a két számított regressziós koefficiens különbségének szignifikanciáját (számított értékek t-próbája). Az adatok matematikai, statisztikai értékelését a két tényező, osztott parcellás (split-plot) elrendezésű kísérletek variancia analízisével végeztük (SVÁB 1981).

### Eredmények és megvitatásuk

A kezeletlen kontroll talaj elemösszetételét a 2. táblázat tartalmazza. Amint a táblázatból látható a barna erdőtalaj viszonylag gazdag Fe, Al, K, Mn, Ba, Na, Zn, Cr, Cu, Pb, Co, As és B elemekben. Jelentősnek tűnik a talaj eredeti oldható/mobilis (NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA kioldással becsült) Fe, Al, K, P, Ba, Zn, Ni, Cu, Co és Cd készlete. A dúsulás többnyire 2–3-szoros, a Zn esetében 7-szeres a meszes csernozjom talajhoz viszonyítva. Oldható As, Se, Mo és Hg csak nyomokban fordul elő, koncentrációjuk kimutathatósági szint alatt (<0,1 mg/kg) van a barna erdőtalajon.

2. táblázat Kezeletlen talaj átlagos elemösszetétele (mg/kg, száraz talajban)  
Table 2. The average element content of untreated soil (mg/kg dry soil)

<i>Elem jele</i>	<i>Összes elemtartalom (cc.HNO<sub>3</sub>+cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)</i>	<i>Felvehető elemtartalom (NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA)</i>
<i>Ca</i>	6101	4617
<i>Fe</i>	27200	247
<i>Al</i>	29600	127
<i>Mg</i>	5053	459
<i>K</i>	5581	750
<i>P</i>	1131	199
<i>Mn</i>	932	398
<i>S</i>	306	18
<i>Ba</i>	217	33
<i>Sr</i>	34	13
<i>Na</i>	134	39
<i>Zn</i>	87	7
<i>Ni</i>	36	8,0
<i>Cr</i>	40	0,2
<i>Cu</i>	30	7,0
<i>Pb</i>	20	6,0
<i>Co</i>	15	4,0
<i>As</i>	10	0,0
<i>Se</i>	0	0,0
<i>B</i>	7	1,7
<i>Cd</i>	0,5	0,2
<i>Mo</i>	0	0,0
<i>Hg</i>	0	0,0

A talajvizsgálatok eredményeinek összesítése alapján a nehézfémek és toxikus elemek hatását a talaj 0-25 centiméteres rétegének összes elemtartalmára, valamint felvehető elemtartalmára a kezelési elemek tekintetében a kezelések három szintjén a 3. és 4. táblázat tartalmazza.

3. táblázat A talaj összes elemtartalma saját kezelésük három szintjén (ppm)  
 az 1995., 1997., 2001. és a 2002. évi kísérleti eredmények alapján  
 Table 3. The total element content of the soil at three levels of their own treatment (ppm)  
 on the basis of experimental results of 1995, 1997, 2001 and 2002 years

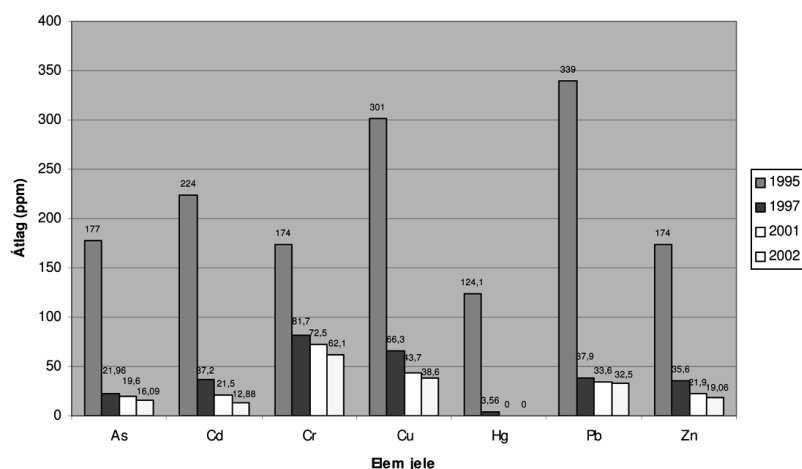
Elem jele	Adott mennyiség 1994 őszén, kg/ha			SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0/30	90	270		
<i>1995</i>					
<i>Al</i>	31800	31800	30400	3500	31300
<i>Cu</i>	126	148	628	188	301
<i>Pb</i>	46	92	880	161	339
<i>Zn</i>	115	223	185	50	174
<i>Cd</i>	61	109	501	45	224
<i>As</i>	130	142	260	50	177
<i>Cr</i>	104	152	266	18	174
<i>Hg</i>	25,3	30,5	316,5	108,7	124,1
<i>1997</i>					
<i>Al</i>	32000	32100	33000	3200	32367
<i>Cu</i>	62,5	66	70,4	6,8	66,3
<i>Pb</i>	33	36,7	44	10,2	37,9
<i>Zn</i>	31,6	35,7	39,5	7,8	35,6
<i>Cd</i>	17,8	26,6	67,3	14	37,2
<i>As</i>	15	17,8	33,1	6,3	21,96
<i>Cr</i>	65	87,8	92,3	9,2	81,7
<i>Hg</i>	2,4	3,5	4,8	0,8	3,56
<i>2001</i>					
<i>Al</i>	39000	39000	37000	3000	38000
<i>Cu</i>	39,9	35,6	55,4	6,7	43,7
<i>Pb</i>	27	31,9	41,8	3,7	33,6
<i>Zn</i>	22,7	21,3	21,8	3,7	21,9
<i>Cd</i>	6,2	16,5	41,9	8,5	21,5
<i>As</i>	10	15,4	33,4	3,5	19,6
<i>Cr</i>	57,7	70,4	89,3	5,9	72,5
<i>Hg</i>	–	–	–	–	–
<i>2002</i>					
<i>Al</i>	41100	38500	37100	2300	38900
<i>Cu</i>	31,8	34,6	49,6	19,6	38,6
<i>Pb</i>	31,6	28,0	38,0	17,3	32,5
<i>Zn</i>	16,7	19,3	21,2	4,7	19,06
<i>Cd</i>	5,96	10,15	22,53	20,25	12,88
<i>As</i>	7,04	14,19	27,05	8,68	16,09
<i>Cr</i>	53,3	64,5	68,5	16,3	62,1
<i>Hg</i>	–	–	–	–	–

4. táblázat A talaj felvehető elemtartalma a talajban saját kezelésük három szintjén (ppm) az 1995., 1997., 2001. és a 2002. évi kísérleti eredmények alapján  
 Table 4. The available element content of the soil at the three levels of their own treatment (ppm) on the basis of experimental results of 1995, 1997, 2001 and 2002 years

Elem jele	Adott mennyiség 1994 őszén, kg/ha			SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0/30	90	270		
<i>1995</i>					
<i>Al</i>	119	156	288	24	188
<i>Cu</i>	76,8	89,6	461	148,8	209,1
<i>Pb</i>	28	65	791	162	295
<i>Zn</i>	23,6	86,5	75,3	35,2	61,8
<i>Cd</i>	49,9	61,6	416,7	44,4	176,1
<i>As</i>	50,8	57,8	117,9	28,9	75,5
<i>Cr</i>	2,86	4,7	11,75	1,79	6,45
<i>Hg</i>	4,7	4,3	148,8	59,3	52,6
<i>1997</i>					
<i>Al</i>	113	110	126	14	115
<i>Cu</i>	9	25	47	10	22
<i>Pb</i>	12	23	36	8	19
<i>Zn</i>	16	20	37	6	20
<i>Cd</i>	8	22	43	12	18
<i>As</i>	0,2	7	14	7	5
<i>Cr</i>	0,1	0,3	0,7	0,2	0,3
<i>Hg</i>	0,1	0,3	0,6	0,2	0,3
<i>2001</i>					
<i>Al</i>	124,7	134,7	127,3	14,8	128,9
<i>Cu</i>	16,6	12,4	24,7	4,2	17,9
<i>Pb</i>	11,7	16,7	25,1	3,3	17,8
<i>Zn</i>	10,7	10,5	15,8	6,7	12,3
<i>Cd</i>	4,7	13,3	35,2	7,4	17,7
<i>As</i>	1,2	2,3	7,2	0,4	3,5
<i>Cr</i>	0,15	0,45	0,76	0,06	0,45
<i>Hg</i>	0	0	0	0	0
<i>2002</i>					
<i>Al</i>	150	165	152	8	156
<i>Cu</i>	9,95	11,17	22,83	14,10	14,65
<i>Pb</i>	11	16,07	20,69	5,69	15,92
<i>Zn</i>	10,9	11,15	10,82	5,77	10,96
<i>Cd</i>	4,5	7,88	17,16	16,17	9,85
<i>As</i>	0,49	1,75	7,58	2,49	3,21
<i>Cr</i>	0,28	0,4	0,76	0,51	0,48
<i>Hg</i>	–	–	–	–	–

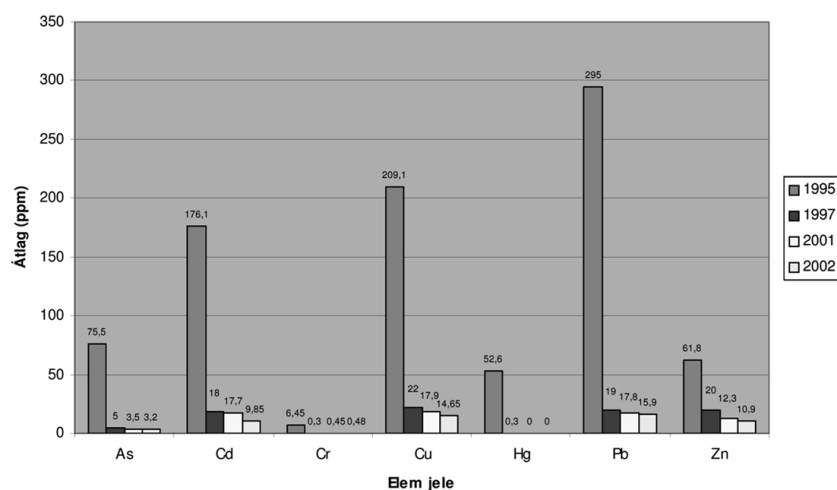
A kezelési elemek összes elemkészletének, valamint felvehető elemkészletének változásának vizsgálatát a kezelési elemek átlagai alapján végeztük. Az értékelésben az alumíniumot nem szerepeltettük. Az alumíniumszilikátok, mint a legfőbb talajalkotók jelentős mennyiségben megtalálhatók a barna erdőtalajokon a kezelésektől függetlenül, így a változásuk nem értékelhető.

A talaj összes elemkészletének változását az 1. ábra, a felvehető elemkészletének változását a 2. ábra szemlélteti.



1. ábra A talaj összes elemkészletének alakulása a kezelése átlagában (ppm) Gyöngyös, 1995., 1997., 2001. és 2002.

Figure 1. The total element content in the soil in average of treatments (ppm) Gyöngyös, 1995, 1997, 2001 and 2002



2. ábra A talaj felvehető elemkészletének alakulása az 1995., 1997., 2001. és a 2002. évi kísérleti eredményekből nyert főátlagok alapján (ppm)

Figure 2. The available element content in the soil on the 1995, 1997, 2001 and 2002 experimental main average results (ppm)

Az eredmények értékelésénél a legkorábbi (1995) és a legkésőbbi (2002) vizsgált év eredményeit vettük figyelembe. Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy az összes elemtartalom elemenként eltérő mértékben csökkent. A legnagyobb mértékű csökkenés a higany esetében történt, hiszen már nem volt kimutatható 2002-ben a talajban. A kadmium esetén a csökkenés mértéke 94%-os volt, amelyet a csökkenés sorrendjében az arzén (91%), az ólom (90%), a réz (87%), a króm (64%) és legvégül a cink (42%) követ.

A felvehető elemtartalom tekintetében megállapíthatjuk, hogy az összes elemtartalomhoz hasonlóan a felvehető elemtartalom is elemenként eltérő mértékben csökkent. A legnagyobb mértékű csökkenés a higany után az arzén esetében tapasztalható, amelynek mértéke 96%-os volt. A többi elem a következő sorrendet mutatta: ólom (95%), kadmium (94%), réz (93%), króm (92%) és legvégül cink (82%).

Elemenként vizsgáltuk azt is, hogy 1995-ben és 2002-ben milyen mértékben határozza meg az összes elemtartalom a felvehető elemtartalmat. A statisztikai vizsgálatok eredményeit a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat Az összes elemtartalom és a felvehető elemtartalom összefüggése (1995., 2002.)  
Table 3. Relations between the total and the available element content (1995., 2002.)

Elem jele	1995				2002			
	R <sup>2</sup>	R	FG	P (%)	R <sup>2</sup>	R	FG	P
Al	0,024	0,1549	70	10	0,0464	0,2154	70	10
As	0,964	0,9818	70	0,10	0,855	0,7096	70	0,10
Cd	0,9784	0,9891	70	0,10	0,9917	0,9958	70	0,10
Cr	0,9346	0,9667	70	0,10	0,3277	0,5724	70	0,10
Cu	0,998	0,9989	70	0,10	0,5036	0,7096	70	0,10
Pb	0,9735	0,9866	70	0,10	0,4531	0,6731	70	0,10
Zn	0,9509	0,975	70	0,10	0,4951	0,7036	70	0,10
Hg	0,9956	0,9977	9	0,10	na	na	na	na

Jelölések: R<sup>2</sup> - determinációs koefficiens, R – korrelációs koefficiens, FG – szabadságfok, P – valószínűségi szint, na – nincs adat.

A determinációs koefficiensek 1995. évre vonatkozó értékei az alumínium kivételével az összes és felvehető elemtartalom szoros összefüggését mutatják. 2002-ben a determinációs koefficiensek értéke az alumínium és a kadmium kivételével jelentősen csökkent: a króm esetén 75%-ot, az ólom esetén 53%-ot, a cink esetén 52%-ot, a réz 50%-ot és az arzén esetén 11%-ot. A csökkenés azt mutatja, hogy az összes fémszennyezés egyre kevésbé határozza meg a talaj oldható fémtartalmát.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy 1995-ben az összes fémtartalom jelentős része még könnyen oldható (felvehető) formában volt jelen talajban. Az évek során az összes elemtartalom minőségi változáson ment keresztül (csapadékképződés, átkristályosodás, stb.), amelynek következtében oldhatósága jelentősen csökkent (FODOR, 1998).

A regressziós koefficiensek vizsgálata azt mutatta, hogy 2002-ben az 1995. évi értékhez képest a kezelési elemek oldhatósága a kadmium esetén 5%-ot, az arzén esetén 41%-ot, a réz és a cink esetén 52%-ot, az ólom esetén 59%-ot, a króm esetén 77%-ot csökkent. Az oldhatóság csökkenését a regressziós koefficiensek t-próbája is igazolta.



### Irodalom

- CSATHÓ P. 1994: A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. Tematikus szakirodalmi szemle. Akaprint Kiadó. Budapest.
- FODOR L. 1997: Mobility and plant uptake of some heavy metals on brown forest soil Fertilization of Sustainable Plant Production and Soil Fertility. In: O. VAN CLEEMPUT et al.(ed.): 11th International World Fertilizer Congress, Proceedings. Vol. III. CIEC-Fed. Agr. Research Center, Braunschweig-Völkenrode, Germany. pp. 14–20.
- FODOR L. 1998: Effect of heavy metals on wheat and maize crop on brown forest soil. *Agrokémia és Talajtan* 47: 197–205.
- FODOR L. 2002: Nehézfémek akkumulációja a talaj-növény rendszerben. Doktori (PhD) értekezés. VE Geogikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely.
- KÁDÁR I. 1995: A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. KTM-MTA TAKI. Budapest.
- KOVÁCS M., PENKSZA K., TURCSÁNYI G. 1994a: Bioindication of heavy metal loading in areas with heavy industry. *Proceed. Internat. Symp. on Envir. Contam. in Central and Eastern Europe*, Budapest.
- KOVÁCS M., PENKSZA K., TURCSÁNYI G., KASZAB L., SZÓKE P. 1993a: Multielement-Analyse der Arten eines Waldsteppen-Waldes in Ungarn. *Phytocoenologia* 23: 257–267.
- KOVÁCS M., PENKSZA K., TURCSÁNYI G., KASZAB L., TÓTH S., SZÓKE P. 1994b: Comparative investigation of the distribution of chemical elements in an *Aceri tatarico-Quercetum plant* community and in stands of cultivated plants. - In: Markert, B. (ed): *Environmental sampling analysis*. pp. 435–442.
- KOVÁCS M., PENKSZA K., TURCSÁNYI G., SILLER I., KASZAB L. 1996a: Multielement-analysis of a montane beech forest in Hungary. *Verhandlungen der Gesellschaft f.r .kologie* 25: 147–152.
- KOVÁCS M., TURCSÁNYI G., PENKSZA K., KASZAB L., SZÓKE P. 1992a: Heavy metal accumulation by ruderal and cultivated plants in a heavily polluted district of Budapest. In: MARKERT B. (ed.): *Plants as biomonitors for heavy metal pollution of the terrestrial environment*. VCH Publiser Inc., Weinheim - New York – Basel - Cambridge.
- KOVÁCS M., TURCSÁNYI G., PENKSZA K., NAGY J. 1996b: Comparasion of the element content of the components of forests as well as grassmoors and meadows evolved in the sites of the forests. In: *New perspectives in the research of hardly known trace elements and their role in life processes. Proceedings of the 7. International Symposium Budapest*, pp. 21–30.
- KOVÁCS M., TURCSÁNYI G., SZÓKE P., PENKSZA K., KASZAB L., KOLTAY A. 1993b: Heavy metal content in cereals in industrial regions. *Acta Agr. Hung.* 42: 171–183.
- KOVÁCS M.,TURCSÁNYI G., KASZAB L., KOLTAY A., PENKSZA K., NAGY L. 1992b: Element content of ruderal weeds used as accumulating indicators in some industrial districts of Hungary. *International symposium on ecological approaches of environmental chemicals. Internat. Symp., Debrecen, Hungary, GSF-Bericht* 4: 249–253.
- LAKANEN E., ERVIÖ R. 1971: A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soil. *Acta Agr. Fenn.* 123: 223–232.
- PAIS I. 1984: A mikroelemek jelentősége mezőgazdasági termelésben, kutatásuk helyzete a világban. Irodalmi értékelés. Keszthelyi Egyetem, Budapest.
- PENKSZA K., TURCSÁNYI G., KOVÁCS M. 1993: A siroki Ny.rjes-t. t.zegmohal.pj.nak elemkatasztere. *Bot. Közlem.* 81: 29–41.
- PUSKÁS I., FARSANG A. 2007: A Városi talajok osztályozása az antropogén hatás indikátorainak elkülönítésére Szeged talajtípusainak példáján. *Tájökológia Lapok* 5: 371–379.
- STEFANOVITS P., FILEP GY., FÜLEKY GY. 1999: Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- SVÁB J. 1981: Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- SZABÓNÉ WILLIN E. 1995: Environmental Management Relating to Animal Husbandry. European Cooperation for Environmental Education. Tempus, Prague.
- TURCSÁNYI G., KOVÁCS M., BÜTTNER S., PENKSZA K. 1992: Element content of the roots of beech in the stemflow and interstem areas. In: BOHAC, J. (ed): *Proceed. VI-th International Conference Bioindicatoros Deteriorationis Regionis*. Ceske Budejovice, pp. 129–135.
- TURCSÁNYI G., KOVÁCS M., BÜTTNER S., PENKSZA K., GUELY M., CZINEGE E. 1994a: Several contamination of soils by heavy metals near Gy.ngy.s, Hungary. *Proceed. Internat. Symp. on Envir. Contam. In Central and Eastern Europe*, Budapest, pp. 515–517.

- TURCSÁNYI G., PENKSZA K., SILLER I., FÜHRER E., TÓTH S., KOVÁCS M., BÜTTNER S. 1994b: Sampling in the stemflow and throughfall areas of forests. In: MARKERT B. (ed): Environmental sampling analysis. pp. 449–464.
- VÁRALLYAY GY. et al. szerk. 1995: Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer I. Módszertan. FM Növényvédelmi és Agrár-környezetgazdálkodási Főosztály, Budapest.

STUDY OF MICROELEMENT CONTENT OF BROWN FOREST SOIL  
OF „MÁTRAFOOT” REGION IN LOAD LONGTERM FIELD EXPERIMENT

L. SZEGEDİ<sup>1</sup>, L. SZABÓ<sup>2</sup>, E. FODORNÉ FEHÉR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Károly Róbert College, H-3200 Gyöngyös, Mátrai str. 36., e-mail: lszegedi@karolyrobert.hu

<sup>2</sup>Tessedi Sámuel College, Faculty of Agricultural, Water and Environmental Management

<sup>3</sup>Mátra Vocational Training School

**Keywords:** heavy metal, toxic element, total element content, available element content

The alterations and movements of toxic elements (Al, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) into the deeper soil layers were followed by means of soil examinations during the long term heavy metal load experiments initiated in the autumn of 1994 at Károly Róbert College, Gyöngyös. The above mentioned toxic elements were released into the ploughed upper stratum. In May 1995 and July 2002 the upper 0–25 cm layer of the soil was sampled. Having examined the total element content we found that in the eighth year of the experiment the metallic contamination was demonstrable with the exception of mercury. The contamination decreased to a different extent in the case of each element. The greatest decrease was found in the case of cadmium (92%), followed by chromium (77%), arsenic (75%), lead (60%), copper (53%), and zinc (6%). In the case of the available element content the greatest decrease was observable in the case of cadmium and arsenic – 91–92%. The other elements showed the following order: chromium (80%), lead (76%), copper (72%) and finally zinc (42%). The examination of the connection between the total and the available element content proved that the total metallic contamination determines the soluble metallic content of the soil to a continually decreasing extent. During the years the total element content went through a qualitative change as a result of which its solubility significantly decreased. The examination of the regression coefficients resulted in the fact that in 2002 the solubility of the treatment elements decreased by 5% in the case of cadmium, by 41% in the case of arsenic, by 52% in the case of copper and zinc, by 59% in the case of lead, and by 77% in the case of chromium compared to the 1995 values.